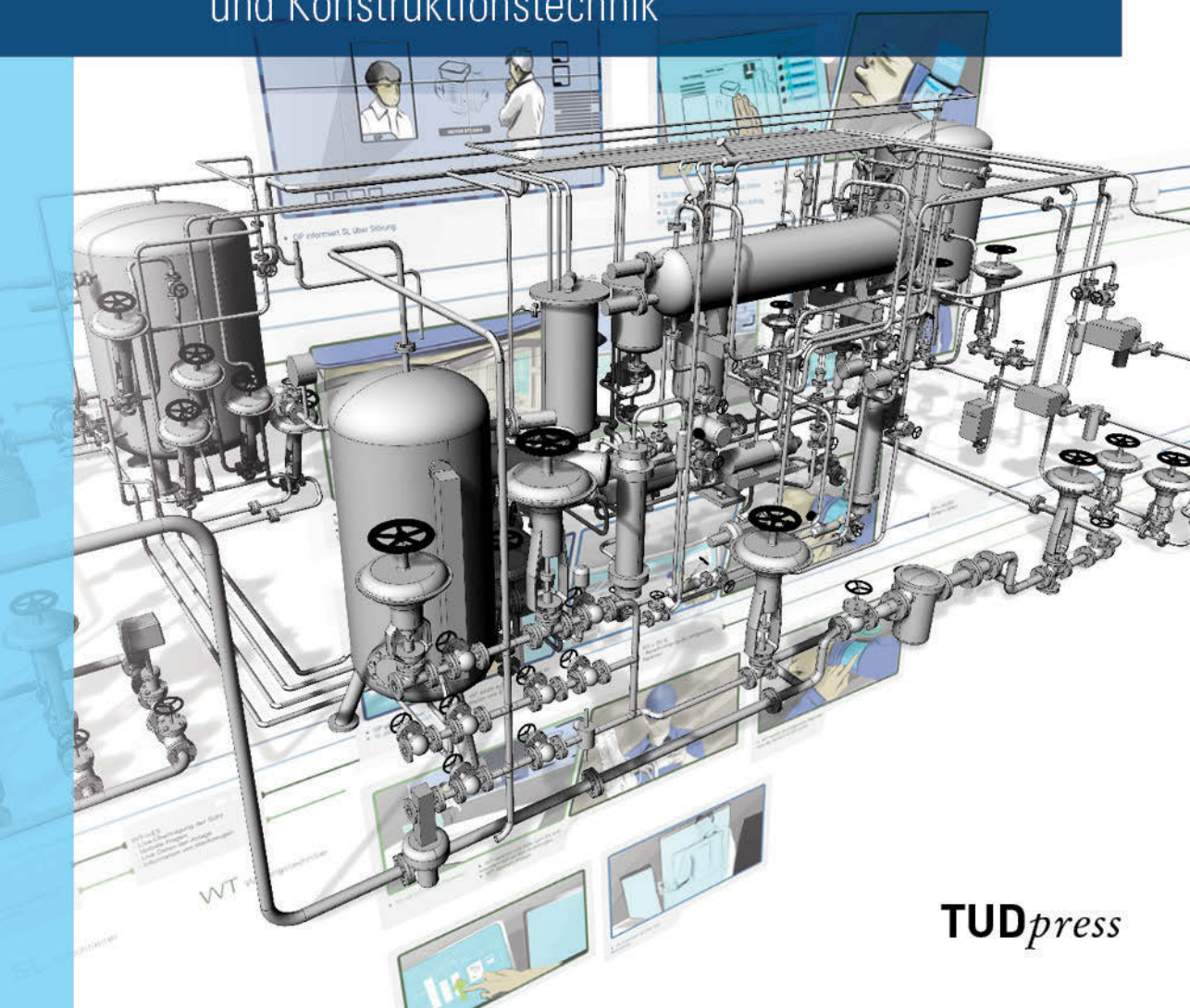


Ralph Stelzer (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung
und Konstruktionstechnik



TUDpress

Ralph Stelzer (Hrsg.) **ENTWERFEN** ENTWICKELN **ERLEBEN** 2016
Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung und Konstruktionstechnik

Ralph Stelzer (Hrsg.)

ENTWERFEN ENTWICKELN ERLEBEN 2016

Beiträge zur virtuellen Produktentwicklung
und Konstruktionstechnik

Dresden · 30. Juni – 1. Juli 2016

Programmkomitee Virtuelle Produktentwicklung und Konstruktionstechnik

Prof. Dr. Ralph Stelzer, TU Dresden

Prof. Dr. Michael Abramovici, Ruhr-Universität Bochum

Prof. Dr. Reiner Anderl, TU Darmstadt

Prof. Dr. Martin Eigner, Universität Kaiserslautern

Prof. Dr. Detlef Gerhard, TU Wien

Prof. Dr. Jivka Ovtcharova, KIT Karlsruhe

Prof. Dr. Rainer Stark, TU Berlin

Prof. Dr. Sandor Vajna, Universität Magdeburg

Prof. Dr. Sandro Wartzack, Universität Erlangen

Entwickeln – Entwerfen – Erleben 2016.
Beiträge zur Virtuellen Produktentwicklung und Konstruktionstechnik
Herausgeber: Ralph Stelzer

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche
Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the
Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

ISBN 978-3-95908-062-0

© 2016 w.e.b. Universitätsverlag & Buchhandel
Eckhard Richter & Co. OHG
Bergstr. 70 | D-01069 Dresden
Tel.: 0351/47 96 97 20 | Fax: 0351/47 96 08 19
<http://www.tudpress.de>

TUDpress ist ein Imprint von w.e.b.

Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.
Layout und Satz: Technische Universität Dresden.
Umschlaggestaltung: TU Dresden, Illustration © 2016 TU Dresden
Printed in Germany.

Erscheint zugleich auf QUCOSA der SLUB Dresden
<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-203878>





KOMPLEXITÄT DREHT SICH IMMER NUR IM KREIS.



EINFACH TRIFFT ENTSCHEIDUNGEN.

Komplexität bremst Ihr Business aus. Denn je gewaltiger die Informationsflut, desto schwieriger die Entscheidungsfindung. SAP arbeitet daran, Dinge zu vereinfachen. Damit aus Daten Wissen und aus Wissen fundierte Entscheidungen werden, die Ihr Unternehmen weiterbringen. Finden Sie heraus, wie gemeinsam einfach möglich wird auf sap.de/runsimple



Run Simple

Quo vadis „Additive Manufacturing“

Heinz Simon Keil

Stehen wir am Rande einer bio-/nanotechnologischen getriebenen Revolution, die unsere Art zu leben, zu arbeiten und miteinander umzugehen grundlegend verändern wird? Welchem gesellschaftspolitischen, wirtschaftlichen und technologischen Wandel haben wir uns zu stellen?

Langfristige Entwicklungszyklen (Kondratieff, Schumpeter) führen zur nachhaltigen Weiterentwicklung der Zivilisation. Mittelfristige Entwicklungen wie die Trends Globalisierung, Urbanisierung, Digitalisierung (Miniaturisierung) und Humanisierung (Individualisierung), die immer stärker unser Umfeld und Handeln beeinflussen führen zu ganzheitlichen, weltumspannenden Grundtendenzen der gesellschaftlichen Weiterentwicklung. Die technologischen „Enabler“ Computing, Biotechnology, Artificial Intelligence, Robotik, Nanotechnology, Additive Manufacturing und Design Thinking wirken beschleunigend auf die gesellschaftlichen Entwicklungen ein.

Die technologischen Möglichkeiten beschleunigen sowohl gesellschaftspolitische Zyklen und zivilisatorische Anpassungen. Durch rasanten technologischen, wissenschaftlichen Fortschritt, zunehmende Globalisierungswirkungen, beschleunigte Urbanisierung und aber auch politischer Interferenzen sind die Veränderungsparameter eines dynamischen Geschäftsumfelds immer schnellere Transformationen ausgesetzt. Alle diese Richtungen zeigen das unsere gesellschaftliche Entwicklung inzwischen stark durch die Technik getrieben ist. Ob dies auch heißt, dass wir den Punkt der Singularität (Kurzweil) absehbar erreichen ist dennoch noch offen.

Können die Sozialwissenschaften dieser von Algorithmen getriebenen Transformation noch folgen oder verliert das breite Gemeinwesen den Anschluss an die Technologie! In ihrem Ausmaß, ihrer Reichweite und ihrer Komplexität wird es sich bei dieser Transformation um eine noch nie erlebte Erfahrung handeln. Wir wissen das alle Teile des globalen Gemeinwesens, vom öffentlichen über den privaten Sektor bis hin zur akademischen Welt und der Zivilgesellschaft einbezogen sein werden.

Eine Querschnittstechnologie dürfte die Systematik der Generativen Fertigungsverfahren sein. Als Generative Fertigungsverfahren werden alle Fertigungsverfahren bezeichnet, die Bauteile durch Auf- oder Aneinanderfügen von Volumenelementen, vorzugsweise schichtweise, automatisiert herstellen.

Bisher betrachten wir aus konventioneller Konstruktionssicht wie anhand unseres heutigen fertigungsorientierten Denkens Teile zusammengefügt werden können. Generative Verfahren ermöglichen ein verändertes, wenn nicht neues Konstruktionsdenken. Was immer du dir vorstellen kannst, kannst du auch drucken. Wobei drucken hier ganz nach Material und Energieeinsatz von menschlichen Gewebe bis hin zu jedem Metall möglich sein wird. Das erlaubt ein ganz neues „Design“-Denken, dieses unterstützt die Trends Individualismus und Miniaturisierung ganz erheblich. Sie sind unabdingbar notwendig für die neuen Querschnittstechnologien Bio- und Nanotechnologie.

Wie wird sich der Design-Prozess verändern, vor allem, wenn man von einer System-Engineering-Hypothese ausgeht die wie folgt lautet:

„Design erfolgt durch beschreibende Sprachen mit hinterlegten Funktionsdateien und dementsprechenden Algorithmen, Simulationsverfahren verifizieren das gewünschte digitale Ergebnis.“ Dieses digitale Design-Ergebnis beinhaltet dann alle geometrischen, prozessparametrischen, verhaltensorientierten und nicht zuletzt materialspezifischen Daten die dann an jeder Stelle der Welt mit gleicher Qualität erzeugt werden können.

Wunschtraum oder nahe Zukunft?

Glauben wir dieser Hypothese, so sollten wir beginnen die nächste Generation von Engineering-Designern auszubilden.

1. Langfristige Zyklen

Jeder Zyklus sollte der Menschheit mehr Wohlstand bringen und die Zivilisation ein wenig zum Besseren vorantreiben!

1.1 Kondratieffzyklen

Bei der Suche nach einer Antwort auf die Frage zur Entstehung langfristiger (Struktur-) Zyklen stößt man auf einen Ökonomen namens Nikolai Kondratieff. Er beobachtete langfristige Wirtschaftsschwankungen in Zyklen von 40 bis 60 Jahren, so genannte Kondratieffzyklen.

Nach seiner Theorie stehen am Anfang eines jeden Zyklus neue technologische Errungenschaften, die zu Trägern eines lang anhaltenden Konjunktur-

aufschwungs werden. Vorausgesetzt, diese so genannten Basisinnovationen durchdringen nahezu alle Bereiche der Volkswirtschaft und lösen in der gesamten Wirtschaft neue Produktivitätsschübe aus. Seit der industriellen Revolution Ende des 18. Jahrhunderts bis heute unterscheidet er zwischen fünf Kondratieffzyklen: Die genannten Zyklen markieren Zeiten des Umbruchs – fünf lange Zyklen, in denen technologische Netze ganze Gesellschaften veränderten. Meistens waren die Startzeitpunkt von Kondratieffzyklen verbunden mit sogenannten industriellen Revolutionen. Nun baut sich die vierte industrielle Revolution auf, ihr Merkmal ist die Verschmelzung von Technologien, das heißt, die Grenzen zwischen der physikalischen, der digitalen und der biologischen Sphäre verschwimmen.

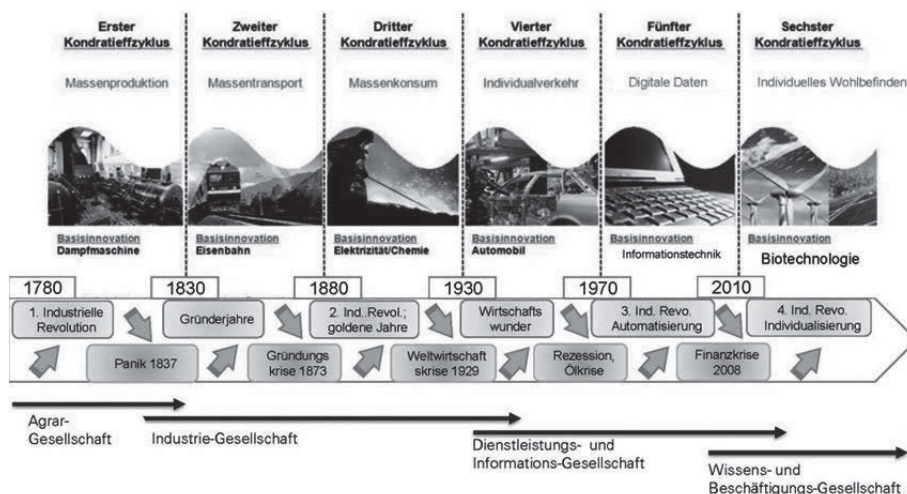


Abbildung 1: Kondratieffzyklen. Wohlstand in langen Wellen durch langfristige Innovationszyklen

Bei jedem dieser Strukturzyklen waren es die Finanzmärkte, die das Ende eines Zyklus durch übertriebene Spekulationen und zu sehr aufgeblähte Vermögenspreisblasen herbeiführten. Sie fungierten gleichzeitig auch als Beschleuniger des Aufschwungs. Das war so bei der Panik 1837, rund um die Zeit des Gründerkrachs 1873, der Weltwirtschaftskrise 1929 und den Ölkrisen 1974 sowie 1980. Und diese Tendenz war auch in den zeitlich nah aufeinander folgenden Krisen, der TMT-Bubble und der jüngsten Finanzkrise, zu beobachten. Dies spricht dafür, dass der fünfte Kondratieffzyklus zu Ende ist.

Ist die Finanzkrise von 2008/9 – die Mutter des 6. Kondratieff?

Zusammenfassend nennt Kondratieff u. a. vier Kennzeichen, die eine Trendwende zu einem neuen Kondratieffzyklus einleiten:

1. Nutzungspotenzial alter Basisinnovation erschöpft (nach ca. 40 bis 60 Jahren).
2. Hoher Überschuss an Finanzkapital (versus Sachkapital).
3. Starke Rezessionsphase (Phase des Umbruchs).
4. Soziale/institutionelle Veränderungen.

Bei genauerer Betrachtung fällt auf, dass alle vier genannten Kriterien, die den Prozess einer Neuorientierung der Wirtschaft markieren, auf die aktuelle Finanz- und Wirtschaftskrise zuzutreffen scheinen.

Eine Finanzkrise, die in eine Weltwirtschaftskrise mündete, wie wir sie seit 1930 nicht mehr erlebt haben. Der 9. März 2009 war für Anleger ein historischer Tag – im negativen Sinne. An diesem Tag markierten US-amerikanische Aktien nicht nur das Kurstief des S&P 500, sondern gleichzeitig fiel die 10-Jahres-Performance des US Aktienindex mit einer durchschnittlichen Rendite von -8 % p. a. auf das niedrigste Niveau seit 200 Jahren.

2. Globale Trends

Die Trends der nächsten Dekade werden weiterhin Globalisierung und Urbanisierung sein, jedoch werden immer schnellere Technologiewechsel den Trend Technisierung/Digitalisierung mit dem vertiefenden Trend Miniarisierung und der Biotechnologie sowie den vertiefenden Trends Individualisierung eine verstärkende Auswirkung auf den ökonomischen und gesellschaftspolitischen Wandel haben.

2.1 Globalisierung

Globalisierung im Sinne einer intensiveren, weltweiten Arbeitsteilung ist kein neues Phänomen. Diese neuen Dimensionen der Globalisierung basieren auf zwei Entwicklungslinien, die einander überlagern:

Erstens haben politische Faktoren die Globalisierung vorangetrieben. Zum einen wurden Außenhandel und Kapitalverkehr zunehmend liberalisiert, sowohl weltweit als auch innerhalb regionaler Zonen.

- Zwischen 1990 und 2009 hat sich das Volumen des weltweiten Warenhandels mehr als verdoppelt.
- Weltweiter Warenhandel; zwischen 2000 und 2012 hat sich das Volumen des weltweiten Warenhandels verdreifacht
- Die Zahl der multinationalen Unternehmen stieg von ca. 10.000 in den Jahren 1968/69 auf 82.100 im Jahr 2008

- Multinationale Unternehmen; auf die Top 500 multinationalen Unternehmen entfallen beinahe 70% des weltweiten Handelsvolumens

Zum anderen hat sich das Gros der aufstrebenden Schwellenländer für die Marktwirtschaft geöffnet. Das gilt sowohl für viele Länder in Asien und in Lateinamerika als auch für die Staaten in Mittel- und Osteuropa.

- Wachstum der Schwellenländer; bis 2030 wird China die USA als größte Volkswirtschaft der Welt ablösen, und Brasilien wird Japan überholen
- Setzen sich gegenwärtige Trends fort, werden die Schwellenländer 2030 zwei Drittel der Weltwirtschaftsleistung erbringen.

Zweitens haben technische Innovationen zu einem dramatischen Rückgang der Transport- und Kommunikationskosten geführt. Die Staaten rücken – in ökonomischer Distanz gemessen – näher zusammen. Unternehmen haben neue technische und organisatorische Möglichkeiten. Sie können ihre Wertschöpfungskette räumlich aufspalten, um regionale Standortvorteile zu nutzen. Die Folge ist, dass immer weniger Endprodukte produziert werden, sondern immer mehr Produkte aus importierten Bestandteilen zusammengesetzt werden.

Der Globalisierung immanent ist ein Gegenteil, der in anderem Zusammenhang Regionalisierung genannt wird. In der globalisierten Welt sind die Schlüsselindustrien jeder Volkswirtschaft im Prinzip grenzenlos. Wenn aber alte Zuordnungen und Grenzen nicht mehr tragen, gewinnt der Ort oder die Region neue zentrale Bedeutung: Es entstehen regionale Wirtschaftsräume (Glokalisierung). Die Regionen müssen sich auf ihre jeweiligen Stärken besinnen, diese konsequent ausbauen und weltweit „vermarkten“.

2.2 Urbanisierung

Urbane Ballungsgebiete leisten einen überproportional hohen Beitrag zur Wirtschaft: Tokio erwirtschaftet 40% des BIP von Japan, Paris 30% des BIP von Frankreich. Erstmals in der Geschichte leben 2009 mehr als 50% der Menschen in Städten. Es werden voraussichtlich 2050 70% der Menschheit in Städten leben. Im Jahr 1970 gab es zwei Megacities (Tokio, New York) mit mehr als 10 Millionen Einwohnern. Heute leben 320 Millionen Menschen in 30 Megacities und 2025 werden in > 37 Megacities; mehr als 13% (ca. 1. Mrd.) der Weltbevölkerung leben. Weiterhin wird sich die Bevölkerung der am wenigsten entwickelten Länder von 0,8 Milliarden (heute) auf 1,7 Milliarden (2050) mehr als verdoppeln.

2.3 Digitalisierung

Unter Digitalisierung der Gesellschaft wird allgemein eine irreversible Veränderung aller gesellschaftlichen Lebensbereiche und sozialen Interaktionsmuster aufgrund innovativer Technologien verstanden. Im Kern dieser Wandlungsprozesse steht die Digitalisierung von Daten bzw. des weltweiten Informationsaufkommens durch einen technologisch innovativen Prozess, der es ermöglicht, Medieninhalte in den Binärcode zu überführen und damit für die elektronische Datenverarbeitung bereitzustellen. Hinzu kommt das Internet als ein weltweites Kommunikationsnetzwerk und als ein Konvergenzraum, in dem alle bisherigen, nunmehr digitalisierten Medien, global und in Echtzeit für eine unbegrenzte Anzahl an Nutzern verfügbar werden.



Abbildung 2: Megatrends. Wie der Technisierung vor allem der digitale Wandel unsere Welt verändert

Die kommenden fünf Jahre werden es zeigen. Digitalisierung wird alle Märkte und auch unsere Lebenswelten komplett umkrempeln. In den vergangenen zehn Jahren haben wir uns von einer Connectivity- zu einer Hyperconnectivity-Gesellschaft entwickelt. Unsere weltweiten Telekommunikations- und Informationsspeicherkapazitäten pro Kopf sind in den zwei Jahrzehnten zwischen 1986 und 2007 jährlich um 23 Prozent und 28 Prozent gewachsen. Doch der Megatrend Digitalisierung verändert nicht nur die Medienwelt, wie viele Unternehmen fälschlicherweise immer noch annehmen. Digitalisierung und Hyperconnectivity wird in den nächsten fünf bis zehn Jahren viele Unternehmen in ihrer Existenz bedrohen. Denn was den Megatrend Digitalisierung vor allem auszeichnet: er bringt Geschäftsmodelle – wenn es sein muss über Nacht – zum Einsturz – durch eine neue bahnbrechende App, durch Big Data, durch junge, Technologie-getriebene Unternehmer.

2.4 Miniaturisierung

In der Technik ist damit die stetige Verkleinerung von verschiedenartigen Bauteilen technischer Geräte gemeint. Sie ist seit etwa drei Jahrzehnten ein Ziel vieler Entwicklungen in Wissenschaft und Technik. Als treibende Momente sind Wünsche nachsteigender Leistung und Geschwindigkeit am wichtigsten, sowie nach Verringerung von Masse und Energieverbrauch.

Die Weiterentwicklung der Mikrosystemtechnik führt zu immer kleineren, komplexeren und intelligenteren elektronischen Systemen. In der Mikroelektronik hat dieser Trend zur Formulierung des Mooreschen Gesetzes geführt. In Industrie und Forschung ermöglichte die Miniaturisierung in den letzten Jahrzehnten die Entwicklung neuer Technologien. Durch die Miniaturisierung integrierter Schaltkreise wurden auch neue Applikationen und Massenprodukte möglich, wie der PCs, das multifunktionale Mobiltelefon (Handy) und andere Anwendungen der Hochfrequenztechnik. Die Miniaturisierung als Trend setzt sich verstärkt fort in der Weiterentwicklung der Mikrosystemtechnik zu immer kleineren, komplexeren und intelligenteren elektronischen Systemen fort. Die Mikrosystemtechnik wird auch der Schlüssel zur Nutzung der Entwicklungen im Bereich der Bio- und Nanotechnologiensein. Ab ca. 2015 Gestaltung von ganzen Systemen in Nanotechnik für die Verwendung in verschiedenen Industrie- und Konsumgütern. Die Konstruktion von sich selbst aufbauenden Nanosystemen und Nanorobotern ist im nächsten Jahrzehnt zu erwarten.

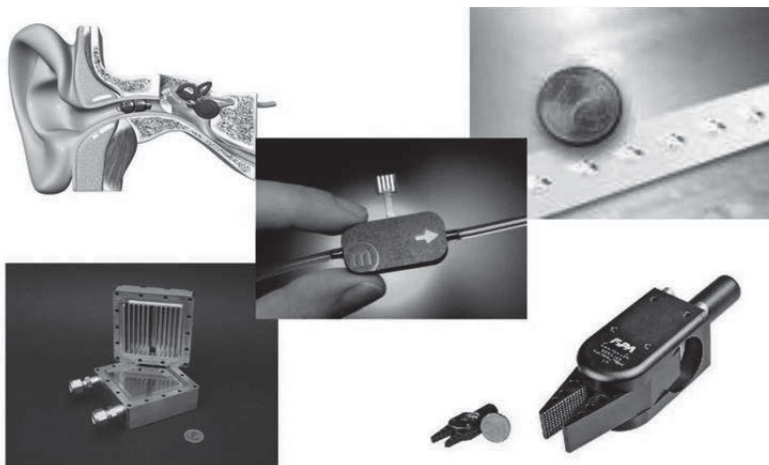


Abbildung 3: Miniaturisierung.

2.5 Humanisierung

Bis 2050 wird der Anteil der Menschen an der Bevölkerung über 60 Jahre zum ersten Mal dem Anteil der Menschen unter 15 Jahren entsprechen. Die Weltbevölkerung wächst alle 2 Sekunden um eine Person. 2011 bewohnten 7 Milliarden Menschen die Erde – im Jahr 2050 werden es 9,3 Milliarden sein. Der demografische Wandel zeigt sich im Altern und Schrumpfen der Bevölkerung in Industrieländern wobei insgesamt aber kräftiges Wachstum der Weltbevölkerung erfolgt. Wir erleben augenblicklich anwachsende Migrationsströme mit den Folgen der Stabilisierungsprobleme für Systeme der sozialen Sicherung. Weiterhin werden wir zuerst dämpfende Effekte auf Wirtschaftswachstum erleben mit nachfolgend strukturellen Verschiebungen der Konsumnachfrage. Steigende Gesundheitsausgaben infolge des demographischen Wandels und des medizinisch-technischen Fortschritts. Mit dem heilungsorientierten Gesundheitsmarkt entwickelt sich ein neuer Markt für Produkte und Dienstleistungen, die Prävention und die Erhaltung von Gesundheit zum Ziel haben somit wir die Gesundheit zur „Ware“. Die verbesserte gesundheitliche Versorgung aber auch die Ich-Bezogenheit lassen die durchschnittliche Lebenserwartung weltweit steigen von 48 Jahren (1950) auf 70 Jahre (2012) und 80 Jahre (2050). Die Generation 65+ wird sich von heute 550 Millionen auf 1,5 Milliarden im Jahr 2050 weltweit fast verdreifachen.

2.6 Individualisierung

Der *Megatrend* der *Individualisierung* beschreibt den Aufstieg des Ichs. In allen entwickelten Wohlstandsgesellschaften setzt sich die „Kultur der Wahl“ durch. Der Einzelne kann und muss immer mehr Lebensentscheidungen autonom treffen, in Bezug auf Partnerschaft, Beruf; Bildung, Wohnort eigenständig handeln. Individualisierung ist der Prozess der Ablösung der typischen industrie-gesellschaftlichen Lebensformen durch postindustrielle Werte der Selbstbestimmung und Selbstverwirklichung in Folge eines verbesserten Lebensstandards, weitgehender sozialer Sicherheit und neuartigen Lebenschancen verstanden.

Er gehört zu den größten treibenden Kräften, die Gesellschaft und Wirtschaft massiv verändern – und das weltweit.

Diese Entwicklung wird als „Zerfall von Moral“ missverstanden, denn es geht vielmehr um neue Sozialtechniken in einer Gesellschaft höherer Differenzierung.

In der traditionellen Gesellschaft ist der Einzelne von den Institutionen Kirche, Staat und Familie vollständig definiert. Er wächst in traditionellen

Rollen und lebenslangen Selbstdefinitionen auf. Durch Wohlstand, Bildung und Mobilität kommt es zu einer Erhöhung der Wahloptionen, die dem Einzelnen zunehmende Selbstdefinitions-Macht geben. Anstelle von „Normalbiographien“ im Sinne von klassenkulturellen Identitäten und ständisch-konventionellen Lebenswegen treten individuell ausdifferenzierte Lebensentwürfe, so genannte „Wahlbiographien“.

In allen entwickelten Wohlstandsgesellschaften setzt sich die „Kultur der Wahl“ durch: Der Einzelne kann und MUSS immer mehr Lebensentscheidungen autonom treffen, in Bezug auf Partnerschaft, Beruf, Bildung, Wohnort eigenständig handeln!

Individualisierung spiegelt sich zum Beispiel in

- Überwindung traditioneller Restriktionen und Normen
- Individualisierungsprozesse verbreiten sich weltweit
- Aufweichen von Klassenzuordnung, Kastensystemen und Religion
- Veränderung zwischenmenschlicher Beziehungen
- sich veränderndes Familienbild
- Differenzierung der Haushaltsformen
- Pluralismus der Lebensstile -> Puzzle-Lebensstilen
- Zunahme individualisierter Produkte und Dienstleistungen
- Suche nach neuer Orientierung und Halt

dies ist verbunden mit einem Wertewandel zu den so genannten soft-individualistischen Werten. Diese Entwicklung wird als „Zerfall von Moral“ missverstanden, es geht aber um neue Sozialtechniken in einer Gesellschaft höherer Differenzierung.

Individualisierung lässt sich besonders gut an den Haushaltsstrukturen ablesen, die sich immer weiter differenzieren. Im Jahre 1900 prägte die Großfamilie die Gesellschaft – 70 Prozent aller Menschen lebten in dieser Haushaltsform. In den 60-er Jahren bildete die klassische Kleinfamilie eine gesellschaftliche Norm, in der die Mehrheit der Bevölkerung lebte. In Zukunft wird es immer schwieriger, einen „Normhaushalt“ und eine „Normbiographie“ zu definieren. Patchwork-Familien, Multigenerations- und Living-Apart- Familien sowie eine wachsende Anzahl von Alleinerziehenden ergänzen das traditionale Familienmodell.

Individualisierung bedeutet aber auch eine erhöhte Werte- und Normenvielfalt in der Gesellschaft, die zu einem generellen Werte-Wandel führt. Toleranz, Freundschaft und Ehrlichkeit sind neue Leit-Werte in einem individualistischen Zeitalter. Für die Konsummärkte bedeutet die Individualisierung eine weitere Atomisierung der Märkte in immer kleinere Segmente, das

Ende der Massenmärkte – und ein Comeback des individualisierten Produktes. Hier werden die generativen Produktionsverfahren im 3D-Consumer-Umfeld ihre Märkte finden, so wie heute jeder einen normalen Drucker zu Hause hat, werden wir mehrere 3D-Drucker für diverse Materialien wie Kunststoffe, Metalle, Nahrungsmittel und Zellen besitzen. Das Comeback des individualisierten Produkts (Mass Customization) sowie ein Paradigmenwechsel zu einer dezentralen Produktion (Personal Fabrication), der Kunde übernimmt aktiven Teil in der Wertschöpfungskette, sind die Folgen.

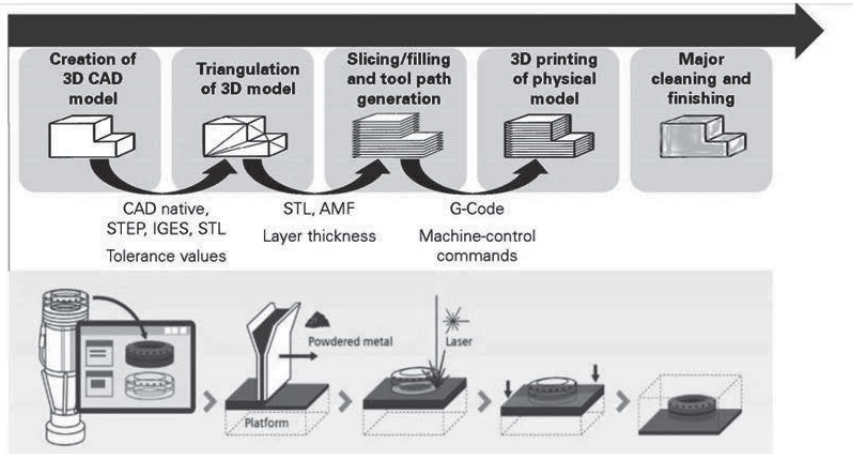
3. Generative Verfahren

Jeder Konstrukteur und Entwickler im Maschinenbau kennt die Problematik: Um fertigungsgerecht zu entwickeln, müssen die einfachsten und besten Lösungen über Bord geworfen werden. Sie sind schlicht mit konventioneller Fertigung nicht herstellbar. Mit dem Entstehen der Additiven Fertigung hat sich das grundlegend geändert. Bei vielen Anwendungen können die besten Lösungen schnell und werkzeuglos gefertigt werden, was sich nicht nur kostenseitig lohnt. Ein riesiger Vorteil bei begrenzten Stückzahlen und im Sondermaschinenbau – aber nicht nur dort.

Die generative, additive Fertigung, umgangssprachlich auch 3D-Druck genannt, ist entgegen weitläufiger Meinung keine wirklich neue Technologie. Es gibt sie bereits seit den 80er Jahren und sie steht für eine ganze Gruppe junger Fertigungstechnologien. Diese Technologien haben gemeinsam, dass Bauteile durch schichtweises Auftragen von Material generiert werden. Primär werden dabei Kunststoffe und Metalle verarbeitet. Neue 3D-Druck-Anwendungsfelder werden in der Biotechnologie entstehen. Die Arbeitsweise eines Biodruckers unterscheidet sich von einem 3D-Drucker lediglich bei den verwendeten Stoffen. Für den Druck von Organen werden dem Biodrucker folgende Stoffe zugeführt: Stammzellen (cells), Proteine und ECM (extracellular matrix) allgemein spricht man von scaffold (Zellträger)

3.1 Definition generative Fertigung, „additive manufacturing“, 3D-Druck

Als Generative Fertigungsverfahren werden alle Fertigungsverfahren bezeichnet, die Bauteile durch Auf- oder Aneinanderfügen von Volumenelementen (Voxel'n), vorzugsweise schichtweise, automatisiert herstellen. Additive Manufacturing ist das englische Pendant zum deutschen Begriff Generative Fertigungsverfahren. Beide Bezeichnungen sind in Deutschland (VDI 3403) und in den USA (ASTM F2792) genormt.



This flowed workflow is inefficient, fragmented, time consuming, error-prone and disjointed.

Abbildung 5: Generatives Fertigungsverfahren

Die Generativen Fertigungsverfahren weisen vor allem aufgrund des Schichtbauprinzips besondere Eigenschaften auf.

- Die Generierung der Schichtgeometrie erfolgt direkt aus den 3D CAD-Daten.
- Es ist kein Einsatz produktspezifischer Werkzeuge notwendig.
- Die Erzeugung der mechanisch-technologischen Eigenschaften (Materialeigenschaften) geschieht während des Bauprozesses.
- Die Bauteile können grundsätzlich in jeder beliebigen Orientierung gebaut werden.

Alle heute auf dem Markt befindlichen Maschinen können mit dem gleichen (STL)-Datensatz angesteuert werden. Generative Fertigungsverfahren gewährleisten damit die direkte Umsetzung der 3D CAD-Daten (des virtuellen Bauteils) in ein physisches Bauteil. Jeder, der ein Textprogramm (einen Word-Prozessor) bedienen und das Ergebnis mithilfe eines 2D Druckers als Brief ausdrucken kann, versteht unmittelbar, dass mithilfe eines Konstruktionsprogramms (eines Part Prozessors) und eines 3D Druckers ein dreidimensionales physisches Bauteil entstehen kann.

Mit dem Paradigmenwechsel hin zum generativen Fertigen geht ein Versprechen einher: generative Verfahren verwirklichen geometrisch komplexe Objekte, die mit herkömmlichen Verfahren nicht umsetzbar wären - und das ohne Werkzeug. Ein großer Vorteil ist dabei die Formfreiheit im Design.

3.2 Wirtschaftliche Entwicklung generativer Fertigungsverfahren

Generative Fertigungsverfahren ermöglichen das Konzept der „Mass Customization“ umzusetzen, also die Individualisierung von Gütern und Comeback des individualisierten Produkts oder Funktionalität. Inzwischen deuten verschiedene Entwicklungen darauf hin, dass dieser „maßgeschneiderten“ Produktion eine bemerkenswerte Renaissance bevorsteht, die in den kommenden Jahrzehnten die gesamte industrielle Produktion drastisch verändern wird:

Erstens ermöglichen neue Materialien und verbesserte Verfahren zu ihrer Handhabung eine relativ kostengünstige Fertigung auch von sehr kleinen Produktionsserien.

Zweitens zwingt der Kostendruck des globalisierten Wettbewerbs die Hersteller, den Zeitraum vom Entwurf eines Produkts bis zu seiner Fertigung zu verkürzen. Interessant sind generative Fertigungstechnologien vor allem dort, wo Produkte mit einer komplizierten Gestalt schnell, flexibel und in kleiner Stückzahl auf den Markt kommen sollen. Wichtige Einsatzfelder sind derzeit die Automobilindustrie, die Luft- und Raumfahrt, der Werkzeug- und Spezialmaschinenbau und vor allem die Medizintechnik.

Drittens eröffnet die Technologie des „Additive Manufacturing“ jenseits industrieller Anwendungen noch ganz andere Möglichkeiten. So denken einige Visionäre bereits weiter und wollen die industrielle Fertigung sogar in die eigenen vier Wände holen – als „Personal Fabrication“. Viele Experten sehen in diesem „Fabbing“, so der Fachjargon für die Technologie, eine innovative Kraft, die nur mit dem Siegeszug des Personal Computers vergleichbar sei. In zwanzig Jahren werde jedermann am heimischen „Personal Fabricator“ (Fabber) intelligente Bauteile und Maschinen produzieren.

Mass Customization würde in vielen Bereichen durch Self Customization ersetzt. Der Paradigmenwechsel zu einer dezentralen Produktion erhält seine Triebkraft nicht nur durch technologische Neuerungen. Produktion und Konsum rücken näher zusammen und der Kunde übernimmt die dezentrale Produktion in der Wertschöpfungskette. In der künftigen „Fabbing Society“ werden die herkömmlichen Geschäftsmodelle von Industrieunternehmen auf den Kopf gestellt

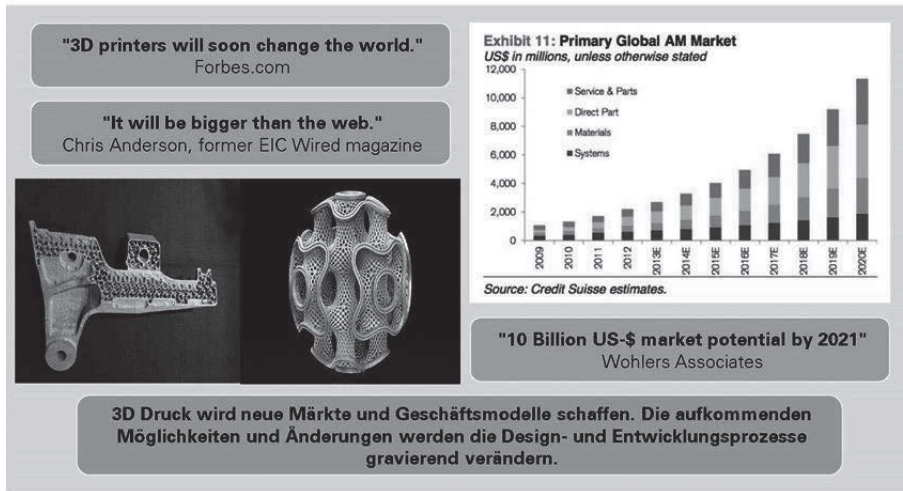


Abbildung 5: Marktdurchdringung

Jedes Jahr veröffentlicht Terry Wohlers sein sogenanntes Wohlers Report. Dieser Report beschäftigt sich mit der Positionierung von 3D-Druckern weltweit. Er ist mittlerweile das inoffizielle Nachschlagewerk über die aktuelle Lage von 3D-Druckern geworden. Wohlers befragt die weltweit führenden Hersteller von 3D-Druckern und fasst seine Ergebnisse zusammen. Einige wichtige Erkenntnisse werden im Folgenden erläutert:

- Abnehmer sind Hersteller von Elektronikgeräten für Endverbraucher, gefolgt von der Automobilindustrie, Mediziner und Zahnärzte, sowie der Luft- und Raumfahrtindustrie.
- 40% aller 3D-Drucker weltweit befinden sich in den USA. Deutschland und Japan haben jeweils ungefähr 10%.
- Daten über China sind schwer zu finden. Allerdings schätzt Wohler den Anteil auf etwa 8,5%.
- Die Industrie für den 3D-Druck ist etwa \$1,7 Milliarden groß. (Der Markt für die Herstellung von Mainstream-Produkten ist etwa \$15 Billionen groß.)
- Seit 2007 sind auch 3D-Drucker für Endverbraucher auf dem Markt. Schon im Jahr 2011 überstieg die Anzahl der verkauften Geräte für Verbraucher (max. \$5.000) die der verkauften Industriergeräte.

Generative Fertigungsmethoden entwickeln sich mit solcher Vehemenz, dass Fachleute bereits die globalisierte Produktionsindustrie vor einem tiefgreifenden Umbruch sehen, mit entsprechenden Auswirkungen auf alle

Beteiligten der Wertschöpfungskette. Sicher sind Druckverfahren noch auf kleine und kleinste Losgrößen beschränkt, für die werkzeuglose, datenge- triebene Herstellungsverfahren besonders geeignet sind.

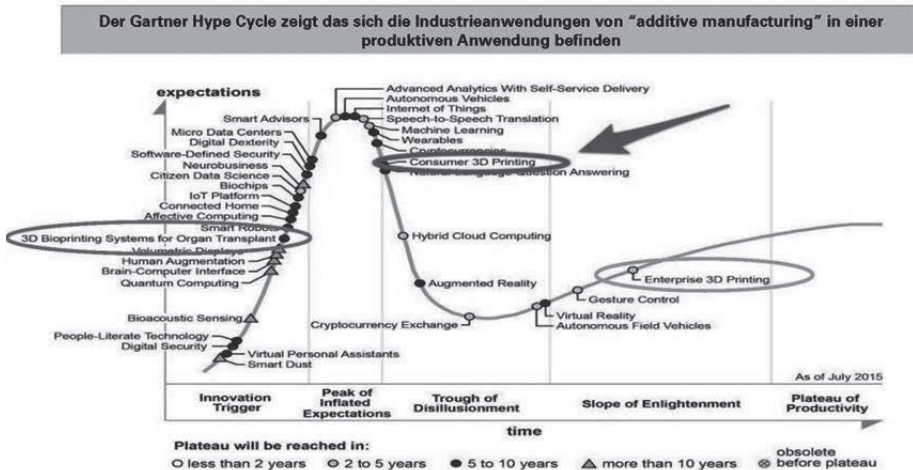


Abbildung 6: Gartner Hype Cycle 2015

Doch die rasanten technologischen Fortschritte legen Konsequenzen auch für die klassische industrielle Massenproduktion nahe.

Tatsächlich kann sich die Logistikbranche auf einiges gefasst machen, wenn ihre Kunden statt Halbzeugen und Endprodukten künftig Daten rund um den Globus auf die Reise schicken. Noch aber ist es nicht soweit. Und so beschränken sich Logistikunternehmen wie UPS und TNT Express auf Pilotversuche, um die Möglichkeiten additiver Fertigung für das Ersatzteilgeschäft auszuloten.

Auch in der Gießereiindustrie ergänzen additive Verfahren den „Werkzeugkasten“ des Ingenieurs, hier den klassischen Formenbau. Sie ermöglichen, Prototypen und Kleinserien werkzeuglos in einem Stück zu fertigen und die Produktionszeiten um bis zu 75 % zu verkürzen.

So erschließen die Ingenieure den 3D-Druck Schritt für Schritt neue Anwendungsmöglichkeiten. Das zeigt sich bei Local Motors. Der kleine US-Hersteller will 2017 das weltweit erste Auto produzieren, das in wesentlichen Teilen additiv gefertigt wird. 75 % der Teile des Strandbuggy LM3D Swim sollen mit Kunststoff oder Kohlefaser gedruckt werden. Die Absatzchancen des Strandflitzers dürften gering sein, die Ausstrahlung auf andere Branchen hingegen groß. Das zeigt der Einstieg des Flugzeugherstellers

Airbus, der sich über seinen 150 Mio. Dollar schweren Fonds Airbus Ventures an dem Hersteller beteiligt hat. Bei Local Motors will der Konzern lernen, wie man 3D-Druck stärker nutzen kann.

Zwar hat die additive Fertigung mit Kunststoff und Metallpulver bereits Einzug in den Flugzeugbau gehalten, um Kosten und Gewicht bestimmter Komponenten zu senken. Die Entwicklung steht aber noch am Anfang. Daher war es eine Nachricht, als das Airbus-Tochterunternehmen Premium Aerotec unlängst eine erste eigene Produktionshalle für den 3D-Druck von Flugzeugbauteilen aus Titan eröffnet hat. Damit startete der Luftfahrtzulieferer die industrielle Serienfertigung von Bauteilen in additiver Fertigung. Herstellen wird das Unternehmen zunächst komplex geformte Bauteile – doppelwandige Rohrkrümmer aus Titan für das Treibstoffsystem des Militärtransporters A400M. Im nächsten Schritt sollen weitere Bauteile gedruckt werden, um Zeit, Kosten und Gewicht zu sparen. Airbus zeigt: Die Fortschritte beim 3D-Druck hängen nicht nur von Verbesserungen bei den Ausgangsstoffen und Hochleistungsdruckern ab. Auch die Digitalisierung der Prozesse ist ein wichtiger Faktor.

Die Technologien für den Druck von biologischer Materie stecken noch in Kinderschuhen. Zurzeit existieren nur sehr wenige Firmen, die Forschung und Entwicklung in diesem Bereich betreiben. Die Nachfrage für diese Technologien ist jedoch definitiv da. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich eine sehr große Industrie in diesem Bereich entwickeln wird, sobald sie etwas ausgereifter ist.

3.3 Anwendungen generativer Fertigungsverfahren

Bedeutende Potenzial für Industrie und Wirtschaft bleiben im Verborgenen. Das liegt in der damit verbundenen Gestaltungsfreiheit und in der Produktindividualisierung, die durch die additive Technologie möglich werden. Sie könnten eine Revolution auslösen in der Produktentwicklung. Durch die stetigen technologischen Fortschritte im vergangenen Jahrzehnt haben sich die additiven Technologien klammheimlich zu einer Fertigungsalternative für viele Anwendungsbereiche entwickelt.

Die Umsetzung dieses Potenzials in konkrete Wettbewerbsvorteile und innovative Produktkonzepte ist bislang vorrangig mächtigen Industrieunternehmen aus der Automobil- und Luftfahrtindustrie vorbehalten geblieben. Kleine und mittelständische Betriebe nutzen die Möglichkeiten bisher kaum für sich. Zu Unrecht. Denn sie könnten mindestens ebenso profitieren. Je kleiner die Losgröße, desto größer die Kostenersparnis

Die Additive Fertigung zeigt Ihre Stärken dort, wo konventionelle Fertigungstechnologien an Grenzen stoßen. Ihre zentralen Vorteile sind schnellere Produktentwicklung und Wiederbeschaffung, bessere Produkteigenschaften und deutliche Kostenersparnisse. Die Schlüssel zu diesen Vorteilen sind einerseits die richtige Anwendung und andererseits ein Umdenken in der Produktentwicklung. Um das Potenzial erschließen zu können, braucht es jedoch Erfahrung und Wissen über diese Technologien. Unternehmen haben die Möglichkeit, entsprechend spezialisierte Entwicklungsdienstleister zu Rate zu ziehen. Die generativen Verfahren werden die Entwicklung zu „production as service“ verstärken, da sich für viel 3D-Anwender aufwendige 3D-Drucker nicht lohnen werden und die Potentiale von 3D-Druck vor allem im 3D-Design-Prozess liegen werden. Die großen Potenziale entstehen unter anderem dann, wenn komplexe Baugruppen konstruktiv in einem einzigen Bauteil zusammengefasst und zusätzliche Funktionen integriert werden. Das spart Entwicklungszeit, Montagekosten und Produktionskosten und führt zu oft unvorhergesehenen Produktinnovationen.

Anwendungsmöglichkeiten von 3D-Druck erweitern sich ständig. Reale Anwendungen im Industrieumfeld zeigen aber das noch viele Hausaufgaben in der Prozesskette "Additive Manufacturing" zu optimieren sind.

Hypothesen:

- 10% bis 20% Materialbedarf mit "Additive Manufacturing,,
- Viele Einzelteile zu einem Teil! 1:30
- 30% bis 50% Miniaturingsfaktor

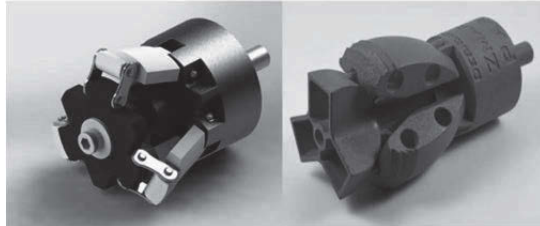
Dazu Bedarf es aber neuer Engineering - Ansätze, erweiterter Erkenntnisse zu Materialeigenschaften und einer umfänglichen Prozessbeherrschung des neuen 3D-Design- und 3D-Druckprozesses.

In der Industrie ist durch Vorreiter wie GE, Boeing, Airbus, Siemens und Festo eine Art Aufbruchsstimmung entstanden, da die Additive Fertigung mittlerweile für die Kleinserienfertigung im Maschinenbau gewappnet ist. Die Erfolge durch Vorreiter wie Airbus und Festo übertragen sich auf die Stimmung in der Industrie. Diese Vorreiter haben verstanden, dass es nicht mit dem Kauf eines entsprechenden Fertigungssystems getan ist, sondern ausschlaggebende Vorteile erst durch ganz neue Lösungswege in der Entwicklung und Konstruktion entstehen. Die meisten so entstandenen Innovationen im Maschinen- und Sondermaschinenbau bleiben der Öffentlichkeit verborgen. Das liegt vorwiegend am Schutz vor dem Wettbewerb, dem man ein paar Schritte vorausgeeilt ist. Anschauliche Beispiele solcher Innovationen sind daher rar. Zwei konkrete Anschauungsbeispiele zeigen die Fotos mit den zugehörigen Tabellen:



Antriebsrad

	Konventionell	Additiv
Stückpreis	360 Euro	190 Euro
Gewicht	460 g	140 g
Bauteile	3 Frästeile + Schrauben	1
Lieferzeit	2-3 Wochen	4 Tage



Greifereinheit

	Konventionell	Additiv
Stückpreis	360 Euro	110 Euro
Bauteile	6 Frästeile + 17 Kaufteile	1
Wiederbeschaffungszeit	3-4 Wochen	4 Tage
Gewicht	560 g	100 g
Entwicklungszeit inkl. Varianten	180 Stunden	125 Stunden

Quelle: www.industrieanzeiger.de » Future Trends; **Um 70 % gesenkte Fertigungskosten**; www.smartpart.de

Abbildung 7: Chancen additiver Fertigung werden verkannt – um 70 % gesenkte Fertigungskosten

In vielen Anwendungsfeldern ergeben sich einerseits enorme Innovationspotenziale hinsichtlich Gewichtersparnis, Funktionsintegration und der Möglichkeit, Baugruppen zusammenzufassen. Andererseits haben solche Ansätze auch erhebliche betriebswirtschaftliche Vorteile durch Kosteneinsparungen in Produktion und Entwicklung. Gerade auch individuelle Einzel- und Spezialanfertigungen werden deutlich kostengünstiger und lassen sich innerhalb weniger Tage realisieren.

3.4 Zukunft generativer Fertigungsverfahren

Derzeit verzeichnet der Markt der Additiven Fertigung rasante Wachstumsraten. Noch sind die Gründe zu einem großen Teil im globalen Interesse der Öffentlichkeit zu suchen. Der stärkste Nachfragesog kommt jedoch aus der Industrie, die offensichtlich auf diesen Zug mit unbekanntem großem Ziel rechtzeitig aufspringen möchte.

3.4.1 Bionik und Biotechnologie/-printing

Bionische Prinzipien werden realisierbar durch die additive Fertigung. Auch die Bionik könnte durch die additiven Technologien einen Schub erfahren. Da die bionische Formgebung von Bauteilen mit integrierten Funktionen über den 3D-Druck ohne Weiteres möglich wird, könnte die Bionik zum

großen Thema werden in der Entwicklung. Umso mehr, als bionische Strukturen sehr oft überlegene Stabilität- und Leichtbaueigenschaften aufweisen. Ein neues Technologiefeld, dessen Wert zum heutigen Tag kaum abzuschätzen ist.

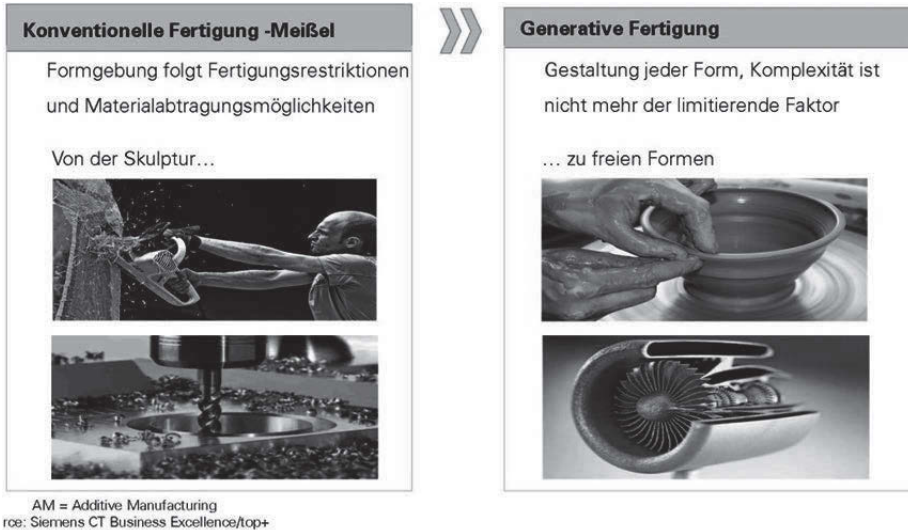


Abbildung 8: Freie Formen – AM erlaubt die Fertigung von komplexen Konturen mit gesteigerter Funktionalität ohne erhöhte Kosten

Bio-Druck kann definiert werden als die Benutzung von computergestützten Transferprozessen, welche lebende und nichtlebende Materien in einer vorgegebenen 2D- oder 3D-Organisation aufbauen und zusammensetzen, um biologische Strukturen für die regenerative Medizin, Pharmakokinetik, sowie die Lehre von der grundlegenden Zellbiologie zu produzieren

Ein 3D Bioprinting System ist ein 3D-Drucker mit erweiterten Anwendungsgebieten mit Hauptfokus im Bereich der Biologie, Medizin und Pharmazie. Die Forscher und Entwickler dieser Systeme sind dabei, hochkomplexe und funktionsfähige Organe und auch Prothesen zu "drucken". Ein Schlüsselbereich der Forschung in diesem Zusammenhang ist Tissue Engineering. Bereits 2011 ist es Forschern gelungen, eine menschliche Leber zu drucken

Die 3D Bioprinting Systeme befinden sich derzeit noch in der Forschung und Entwicklung und befinden sich auf dem Gartner Hype Cycle von 2014 in der ersten Phase "Technologischer Auslöser". Laut Gartner benötigten die Biodrucker 5-10 Jahre um das Plateau der Produktivität zu erreichen. Erste Forschungserfolge konnten bereits 2011 erzielt werden, im selben Jahr

taucht das Thema zum ersten Mal auf dem Hype Cycle auf, damals noch mit der Erwartung "mehr als 10 Jahre". Da sich bereits neben der Medizin weitere Anwendungsgebiete in den Fokus der Forscher gerückt ist, ist eine unterschiedlich schnelle Entwicklung der Gebiete Mode/Leder, Lebensmittel, Medizin wahrscheinlich.

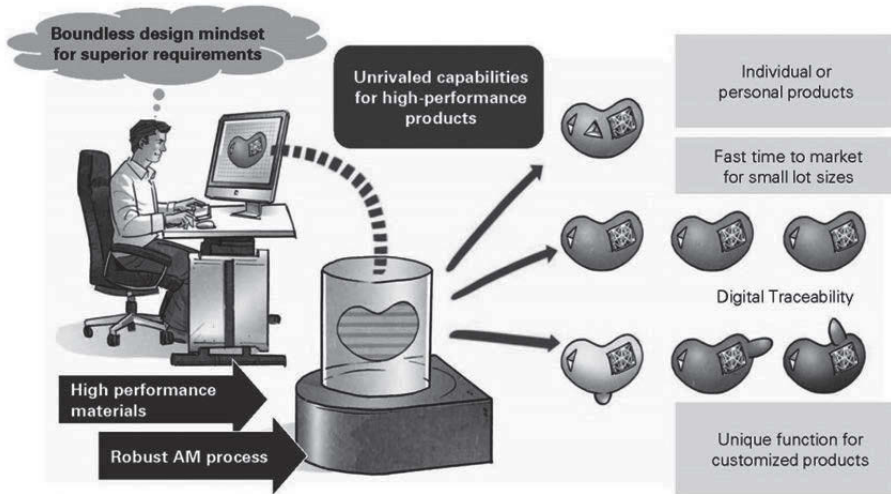
3.4.2 Standards und Formate

Um eine Gesamtprozessstabilität zu erreichen adressierte ein Konsortium die Datendurchgängigkeit, sprich das definieren eines standardisierten Formats, wie wir das schon mit Step und JT erlebt haben. Bekennende 3D-Druck Verfechter wie Microsoft, GE und HP forcieren ein standardisiertes Übertragungsformat. Der heutige Datenprozess hat viel Brüche und beruht auf Formaten die aus anderen Anwendungen stammen. Notwendig ist ein durchgängig standardisiertes 3D-Druck „file-format“. Heutige Design-Software-Hersteller wie Autodesk, HP und Siemens sowie die zwei größten 3D-Druckerhersteller Stratasys und 3D Systems haben das 3MF-Konsortium formiert. Es ist eine Interessengruppe mit dem Ziel ein besseres, durchgängigeres, breit akzeptiertes 3D-Druckformat zu schaffen. 3MF basiert auf dem Microsoft-Format MSFT das ebenfalls Mitglied des Konsortiums ist. Siemens bringt mit JT das Wissen über ein zertifiziertes übergreifendes Datenübertragungsformat ein, das in seinen PMI-Ansätzen, des bisherigen Formaten STL, AMF voraus ist. Was allen Formaten fehlt sind Materialprozessattribute.

Der typische Datenprozess ist heute von nativen CAD-Daten oder Standardformaten wie igs, step oder jt wird ein stl Format STL abgeleitet. Dieses Format STL oder OBJ files sind die heutige gängigen 3D-Druck-Formate. Seit kurzem ist auch GE Mitglied des 3MF-Konsortiums, der Forschungszweig von GE sagt das STL und OBJ seien veraltete und klobige File Formate mit interoperablen Problemen bei der Nutzung der neuen 3D-Druckergeneration. In anderen Worten, wir reden davon das STL und OBJ alle Information von Attributen, Prozessen und Materialien fehlen die man für einen standardisierten Druckprozess benötigt. Denn die 3D-Druck Revolution findet in den industriellen „Workflows“ statt.

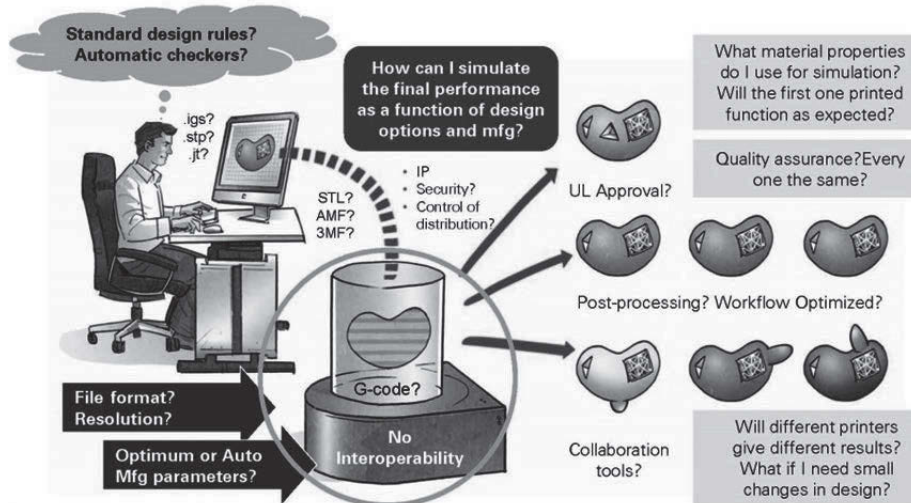
Features	STL	AMF	3MF	JT	Potential JT Container
Attributes		✓	✓	✓	Attribute Element
Units		✓	✓	✓	PMI Dimension Entities JT_PROP_MEASUREMENT_UNITS
Xml		✓	✓	x	<What we are try to get around/achieve>
Metadata		✓	✓	✓	Meta Data Segment
Model	✓	✓	✓	✓	PMI Manager Meta Data Element
Title	✓	✓	✓	✓	CAD_PART_NAME
Author/Designer		✓	✓	~	
Description		✓	✓	✓	PMI Note Entities
Revision/ChangeHistory		✓	✓	✓	Parasolid Kernel Version Number
Company/Copyright		✓	✓	~	
CAD/LicenseTerms		✓	✓	✓	CAD_SOURCE
Rating			✓	~	
CreationDate		✓	✓	✓	Date Property Value
ModificationDate		✓	✓	✓	Date Property Value
URL		✓		✓	PMI Note Entities/URL Flag
Volume		✓		~	Shells Topology Data/CAD_VOLUME
Elastic Modulus		✓		~	
Poisson Ratio		✓		~	
Mass				✓	CAD_MASS CAD_MASS_UNITS
Surface Area				✓	CAD_SURFACE_AREA
Density				✓	CAD_DENSITY
Center of Gravity				✓	CAD_CENTER_OF_GRAVITY
Parasolid				✓	XT B-Rep Data
Product & Manufacturing Info. (PMI)				✓	PMI Manager Meta Data Element
Text Box				✓	2D Text Data
Datum Features				✓	PMI Datum Feature Symbol Entities
Datum Target				✓	PMI Datum Target Entities
Feature Control Frames				✓	PMI Feature Control Frame Entities
Surface Finish				✓	PMI Surface Finish Entities
Measurement Point				✓	PMI Measurement Point Entities

Abbildung 9: Formatvergleich



Note: Acknowledgement for the graphics: Siemens CT PoF Team

Abbildung 10: Digitaler Prozess generativer Fertigungsverfahren



Note: Acknowledgement for the graphics: Siemens CT PoF Team

Abbildung 11: Fragen digitaler Prozess generativer Fertigungsverfahren

4 Ausblick

Digitale Produktionstechnologien interagieren mittlerweile täglich mit der biologischen Welt. Ingenieure, Designer und Architekten experimentieren mit computerbasiertem Design, Additive Manufacturing, Werkstofftechnologie und synthetischer Biologie, um eine Symbiose zwischen Mikroorganismen, unseren Körpern, den Produkten, die wir konsumieren, und selbst den Gebäuden, in denen wir wohnen, zu erzielen. Die zwei vertiefenden Grundtrends Miniaturisierung und Individualisierung, werden die Technologie „additive Manufacturing“ zu einer breiten, übergreifenden Wertschöpfungsveränderung führen.

Drei Gründe, warum es sich bei der heutigen Transformation nicht nur um eine Verlängerung der dritten industriellen Revolution handelt, sondern sich eher eine Vierte und dass Sie am Beginn des 6. Kondratieff-Zyklus liegt.

Diese anders geartete Transformation zeichnet sich durch eine Schnelligkeit, Reichweite und systemische Wirkung aus, die bisher nicht bekannt war. Die Schnelligkeit, mit der derzeit Durchbrüche erzielt werden, wurde noch nie erreicht. Im Vergleich zu vorherigen industriellen Revolutionen, entwickelt sich die Vierte exponentiell und nicht in linearem Tempo. Sie wirbelt fast jeden Industriezweig in allen Ländern durcheinander. Und die Breite sowie die Tiefe dieser Veränderungen kündigen die Erschaffung ganz neuer Systeme an, was Produktion, Management und Regierung einbezieht. Ihr

Merkmal ist die Verschmelzung von Technologien, das heißt, die Grenzen zwischen der physikalischen, der digitalen und der biologischen Sphäre verschwimmen.

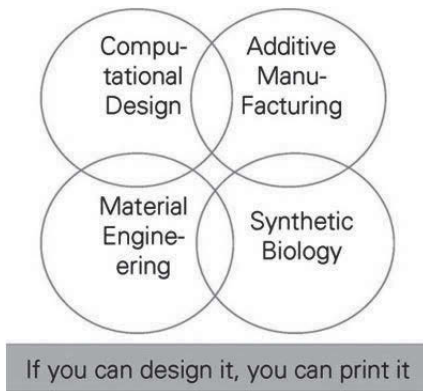


Abbildung 12: Evolution im Design

Die Biologie inspiriert Technologie und Gesellschaft da sie die größten Wirkungen auf das individuelle Wohlbefinden verspricht

Die Vielfalt von Anwendungsmöglichkeiten der Bio- und Gentechnologie in der Medizin (rote Biotechnologie), im Agrarsektor (grüne Biotechnologie) sowie in den Bereichen Umwelt (graue Biotechnologie) und Industrie (weiße Biotechnologie) bei weitem noch nicht ausgeschöpft - Industrielle Biotechnologie wird zum Motor einer biobasierten Wirtschaft - Renaissance der Bionik, die versucht, für technische Problemlösungen von der Natur zu lernen. Die Umsetzung mit 3D-Druckern von Kunststoffen, Metallen, Harzen, Nährflüssigkeiten über Zellen scheint keine Grenzen gesetzt. Die generativen Fertigungsverfahren, aber vor allem das damit mögliche freie Design, bieten eine erweiterte Möglichkeit der individuellen Funktions- und Produktgestaltung. Des Weiteren wird das bionische Design zu einer Verstärkung des Miniaturisierungstrends führen vor allem in bio- und nanotechnologischen Anwendungen.

Die Möglichkeiten von Milliarden von Menschen, die über Mobilgeräte mit einer noch nie da gewesenen Verarbeitungs- und Speicherkapazität miteinander verbunden sind, sind nahezu unbegrenzt, ebenso wie der Zugang zu Wissen. Und diese Möglichkeiten werden potenziert durch sich abzeichnende technische Durchbrüche in Bereichen wie künstliche Intelligenz, Robotik, das Internet der Dinge, autonome Fahrzeuge, 3-D-Druck, Nano- und Bio-

technologie, Materialwissenschaften, Energiespeicherung und Quanten-Computing.

Wird die Hypothese Realität:

„Design erfolgt durch beschreibende Sprachen mit hinterlegten Funktionsdateien und dementsprechenden Algorithmen, Simulationsverfahren verifizieren das gewünschte digitale Ergebnis.“ Dieses digitale Design-Ergebnis beinhaltet dann alle geometrischen, prozessparametrischen, verhaltensorientierten und nicht zuletzt materialspezifischen Daten die dann an jeder Stelle der Welt mit gleicher Qualität erzeugt werden können.“

Literaturverzeichnis

Siemens CC SR SP, 2015: Beitrag im Internet.

<http://www.siemens.com/press/poolde/homepage/SiemensUnternehmenspraesentation.pdf>

Kondratieff Informationsseite des Wirtschaftswissenschaftler Erik Händler:

www.kondratieff.biz

Leo A. Nefiodow, „Der sechste Kondratieff“, Kapitel 3: „Der Gesundheitsmarkt – Wachstumslokomotive im 21. Jahrhundert“, 6. Aufl., 2006

Klaus M. Kohlöffel, Jan-Dirk Rosche; 2009 Spielmacher im Management: Unternehmerisches Gespür entwickeln und strategisch handeln

Allianz Economic Research, Working Paper 103: „Ein Blick in die Zukunft – acht Megatrends die Wirtschaft und Gesellschaft verändern“, 2008

Allianz Global Investors Kapitalmarktanalyse, Asien im Aufbruch – Gravitationszentrum des 21. Jahrhunderts? www.allianzgi.de/kapitalmarktanalyse

Allianz Global Investors Kapitalmarktanalyse, Fokus: Öko-Trends, www.allianzgi.de/kapitalmarktanalyse

Gehrig, Sonja; Peter, Daniel, INrate AG, Zürich 2007, Nanotechnologie – eine Chance für nachhaltige Entwicklung?

Anderl 2012: Additive Manufacturing oder generative Fertigungsverfahren – vom Prototypen zur Massenfertigung?, Darmstadt: Technische Universität Darmstadt

Vitus Zeller 9/2014: Beitrag in Zeitschrift. In: Industrieanzeiger, 22.14, Additive Fertigung: Chancen werden oft verkannt

Jeremy Rifkin: Das Ende der Arbeit und ihre Zukunft. Campus Verlag, 2004

Horx, Matthias: Zukunftsinstitut Horx GmbH, 2007

Dr. Erik Marquardt: Beitrag in Sammelband. In: Verein Deutscher Ingenieure e.V.; Statusreport: Additive Fertigung; kostenlosen Download unter: www.vdi.de/statusadditiv

Bioprinting is coming of age: Report from the International Conference on Bioprinting and Biofabrication in Bordeaux (3B'09.)

Klaus Schwab 2016: Weltwirtschaftsforum; „Die vierte industrielle Revolution meistern“
Beitrag in Zeitschrift. In: Allianz Global Investors, The “green” Kondratieff – or why crises can be a good thing

Großmann, Stefan und Grote, Lion, MedienKulturWiki 2008: Digitalisierung.

Institut für Trend- und Zukunftsforschung (itz): Beitrag im Internet.

<http://www.zukunftpassiert.de/vortragsthemen/megatrend-digitalisierung/2015>

Kontakt

Dipl.-Ing. Univ. Heinz Simon Keil
Design Future
Eigerstr. 6
81825 München